

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Обучающийся

С. П. Батраков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д. Л. Спиридонов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Целью данной работы является реконструкция системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Для решения поставленной задачи, в работе выполнен анализ исходных данных, на основании которого осуществлены необходимые и обоснованные мероприятия по реконструкции системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

На основе полученных результатов расчёта нагрузок потребителей, а также анализа нормативных документов, в работе выбрана и обоснована схема электроснабжения системы освещения объекта реконструкции, осуществлён светотехнический и электротехнический расчёты освещения на объекте, выбор инновационных типов источников света, а также проводников и электрических аппаратов питающей и распределительной осветительной сети, обоснование системы заземления осветительной сети в системе электроснабжения объекта реконструкции.

Проанализированы и разработаны основные мероприятия для безопасного выполнения работ в осветительной сети с последующим их внедрением на объекте реконструкции.

Обоснование всех указанных мероприятий по реконструкции системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в работе подтверждено соответствующими техническими расчётами и проверками, в частности, выбором современных типов оборудования.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных.....	6
1.1 Характеристика помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.....	6
1.2 Характеристика системы электроснабжения и освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.....	8
1.3 Требования, предъявляемые к системам освещения объектов энергетики.....	14
2 Разработка проекта реконструкции системы освещения объекта	18
2.1 Реконструкция системы освещения объекта.....	18
2.2 Расчёт электрического освещения объекта.....	19
2.3 Выбор и проверка проводников системы освещения	30
2.4 Расчёт токов короткого замыкания	36
2.5 Выбор электрических аппаратов осветительной сети	47
2.6 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии.....	50
3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда	55
3.1 Мероприятия по охране труда	55
3.2 Мероприятия по охране окружающей среды.....	58
Заключение	61
Список используемых источников.....	63

Введение

В настоящей работе детально рассматривается реконструкция системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, в основе производственной деятельности которого лежит непосредственные услуги для населения, организаций и предприятия по производству и сбыту электрической энергии.

Известно, что системы электроснабжения современных систем освещения турбинных отделений, один из которых рассматривается в работе, являются важным звеном энергетики регионов и страны в целом.

Реконструкция системы освещения данного турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС позволит снизить расход на собственные нужды систем освещения, а реализовать нужную комплексную программу по энергосбережению, что позволит снизить себестоимость производимой продукции до минимально обоснованных цен с учётом организации доставки её потребителю.

Целью работы является разработка качественного проекта реконструкции системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Объектом исследования в данной работе является система электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Предметом исследования являются электрические сети питающей и распределительной сети, источники системы освещения и электрические аппараты системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки качественных проектов систем электроснабжения объектов и систем освещения объектов энергетики, находящихся на стадии реконструкции, а также их необходимой модернизации [17].

Для качественной реализации цели работы, осуществляется решение основных поставленных задач:

– анализ исходных данных, необходимых для решения основных задач, а также приведение общих сведений по объекту реконструкции. Также приводится характеристика потребителей и помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС и требования, предъявляемые к системам освещения объектов энергетики. На основе полученных данных анализа, проводится обоснование необходимости внедрения соответствующих решений в схему электрических соединений объекта реконструкции;

– разработка качественного проекта системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС с принятием целесообразных решений по выбору оборудования и электрических сетей объекта исследования. Кроме того, для решения поставленных задач в работе необходимо выбрать и обосновать современный тип системы контроля и учёта электроэнергии для непосредственного применения на объекте исследования;

– разработка мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности при выполнении работ в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, в частности, электробезопасности, а также пожарной и экологической безопасности.

Выбор всех оптимальных технических решений по разработке проекта электроснабжения объекта проводится с детальным обоснованием принятых решений.

1 Анализ исходных данных

1.1 Характеристика помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Объект реконструкции (турбинное отделение первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС) построен из железобетонных монтажных блоков, поэтому он является пожаробезопасным.

Рассматриваемый в работе объект реконструкции территориально располагается в общем одноэтажном сооружении.

С точки зрения надёжности электроснабжения, он является очень важным звеном в системе электроснабжения Берёзовской ГРЭС, поэтому относится к первой категории надёжности потребителей по [11].

Кроме того, на объекте реконструкции также имеются ответственные потребители особой категории надёжности, которые требуют к себе отдельного источника питания в виде источника бесперебойного питания (далее – ИБП).

Данные правила и нормы распространяются также на систему освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, что должно быть учтено в работе.

С точки зрения систематизации помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, в нём расположены следующие основные типы помещений, основные характеристики которых представлены в работе в таблице 1:

– турбинный зал (машинный зал) – самое большое помещение турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС площадью 240 м², в котором, собственно, происходит технологический процесс производства электроэнергии;

– производственные помещения – выполняют важные функции по технологическому процессу в зависимости от назначения и оборудования, которое установлено. К таким помещениям на объекте проектирования относятся: фильтрационная, дымососное отделение, котельное отделение, деаэрационное отделение, отделение пересыпки, электрофильтрационная, насосная собственных нужд;

– помещения для персонала – предусматривают наличие следующих помещений на объекте реконструкции: комната персонала и диспетчерская. В этих помещениях персонал может как выполнять возложенные на него обязательства по выполнению производственной деятельности, так и использоваться их для собственных нужд (в частности, для отдыха). Такое совмещение и многофункциональность помещений приветствуется в современной энергетике;

– пост охраны – предусматривает круглосуточную охрану помещения с использованием видеонаблюдения. Также на посту охраны установлена пожарная сигнализация (её вводной шкаф). Вход на объект регламентирован строго по пропускам установленной формы и образца;

– прочие помещения – включают вестибюль, Подсветка шкафа управления помещения и санузел, которые используются для нужд персонала, работающего на данном объекте реконструкции.

Все помещения рассматриваемого в работе турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС отвечают требованиям по строительным нормам, а также нормам по пожарной, экологической и электрической безопасности согласно установленных нормативных документов и актов [1,4,7,11].

Перечень всех помещений рассматриваемого в работе турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Номер помещения по плану	Наименование помещения	Площадь помещения, м ²
1	Машинный зал	240
2	Пост охраны	12
3	Вестибюль	24
4	Фильтрационная	27
5	Санузел	5
6	Дымососное отделение	24
7	Котельное отделение	24
8	Деаэрационное отделение	16
9	Отделение пересыпки	14
10	Электрофильтрационная	18
11	Насосная собственных нужд	10
12	Комната персонала	9
13	Диспетчерская	12
14	Кабинет начальника и инженерного персонала	9

План расположения помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в работе представлен на графическом листе 1.

1.2 Характеристика системы электроснабжения и освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

При рассмотрении исходной схемы системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, необходимо описать полностью всю систему электроснабжения объекта, после чего привести исходные данные по самой системе освещения объекта до проведения реконструкции.

Электроснабжение турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС осуществляется на номинальном напряжении

0,38/0,22 кВ от вводного распределительного устройства (далее – ВРУ), который конструктивно выполнен в виде главного распределительного щита (далее – ГРЩ).

Питание ВРУ (ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС осуществляется двумя силовыми кабелями от понизительной подстанции собственных нужд турбинного отделения ТП-10/0,4 кВ, от которой также получают питание другие потребители.

Распределительное устройство 10 кВ (далее – РУ-10 кВ) питающей понизительной трансформаторной подстанции собственных нужд 10/0,4 кВ турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, конструктивно выполнено с применением ячеек наружной установки двухстороннего обслуживания типа КРУ-К-59 (производитель – ЗАО «Завод высоковольтного оборудования» (ЗАО «ЗВО»)) с установленными в них выключателями с использованием втычных контактов вместо разъединителей [10,12].

В виду того, что инновационные разработки оборудования КРУ предусматривают применение ячеек с наличием втычных контактов, следовательно, разъединители в ячейках КРУН-10 кВ на питающей ТП-10/0,4 кВ собственных нужд турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, не устанавливаются [17].

Поэтому в РУ-10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, рассматриваемой в работе, применяются блоки «линия-выключатель нагрузки» (без разъединителей) на питающей линии.

Исходя из рекомендаций [11], при количестве отходящих линий $n \geq 2$, которое имеется согласно исходных данных на объекте исследования, для РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ собственных нужд турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС принята схема «Одна рабочая секционированная выключателем система сборных шин».

При этом, в свою очередь, секционный выключатель для РУ-10 кВ ТП-10/0,4 кВ собственных нужд обязательно должен быть предусмотрен в схеме на питающей подстанции, так как объект исследования относится к I категории надёжности. Данное условие в схеме выполняется.

В схемах РУ-10 кВ и РУ-0,4 кВ питающей тупиковой подстанции ТП-10/0,4 кВ собственных нужд турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, рассматриваемой в работе, применяется отдельный режим работы, рекомендованный [7].

При таком режиме работы секционный выключатель 10 кВ, установленный на питающей подстанции (для схемы РУ-10 кВ), а также секционный автомат в РУ-0,4 кВ, в нормальном режиме работы отключены, включаясь под действием устройства автоматического включения резерва (АВР) при исчезновении напряжения по каким-то причинам на одной из секций сборных шин соответствующего класса напряжения согласно требованиям [10].

В результате проведённого описания объекта исследования с учётом категории надёжности, с последующим выбором схем электрических соединений на питающей ТП-10/0,4 кВ, можно сделать вывод, что питающая ТП-10/0,4 кВ собственных нужд, которая выступает в роли источника питания объекта реконструкции, является современной и крайне необходимой для работы и снабжения электроэнергией системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Далее от питающей ТП-10/0,4 кВ собственных нужд получает питание ВРУ (ГРЩ) рассматриваемого в работе турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Так как проектируемый объект реконструкции относится к объектам средней мощности I категории надёжности, с использованием потребителей особой группы, принято питание от ТП-10/0,4 кВ собственных нужд ко ВРУ (ГРЩ) данного турбинного отделения первого энергетического блока

Берёзовской ГРЭС по радиальной схеме двумя питающими пятижильными силовыми кабелями марки ВВГнг-LS. В данном случае применяется классический вариант трёхфазной пятипроводной сети типа TN-C-S [12].

При этом кабельная линия, идущая от ТП-10/0,4 кВ собственных нужд до ВРУ (ШРЩ), образует питающую сеть 0,38/0,22 кВ турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

На объекте реконструкции для питания силовых потребителей предусмотрены силовые распределительные шкафы (далее – СРШ) согласно требований технологического процесса работы турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Все СРШ располагаются у стен с внешней стороны турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Исходя из этого, в целях надёжности и безопасности, каждый СРШ запитан от шин ВРУ(ГРЩ) по радиальной схеме. Такая схема позволит разделить группы потребителей турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, разные по технологическому назначению и процессу.

Количество и расположение СРШ для питания электрических нагрузок потребителей турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в данной работе не рассматриваются, так как силовые потребители не являются темой данной работы.

Далее от СРШ запитаны конечные потребители силовой сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Особенностью данных потребителей является то, что практически все они – трёхфазные, поэтому для их непосредственного питания от соответствующих СРШ принято соответствующее оборудование: трёхфазные автоматы и пятижильные кабели (принята сеть TN-C-S).

В связи с этим, принято питание конечных потребителей турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС от СРШ по

радиальной схеме, которая рекомендована для данной цели по причине надёжности.

Такая схема электроснабжения полностью соответствует питанию потребителей первой и второй категории надёжности согласно [12].

Для защиты электрической силовой сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) применяются автоматические выключатели, которые в принятой схеме электроснабжения объекта реконструкции разделяются на следующие виды (по месту их установки в системе электроснабжения):

- трёхфазный автомат ввода ВРУ (ГРЩ) – защищают всю систему электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС от токов внешних токов КЗ (со стороны источника питания на ТП-10/0,4 кВ собственных нужд);

- трёхфазные автоматы ввода СРШ – необходимы для защиты и коммутации данных распределительных щитов и групп потребителей, которые от них питаются;

- трёхфазные автоматы (линейные автоматы) – применяются для защиты и коммутации конечных потребителей сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Далее проводится описание системы электроснабжения осветительной сети объекта проектирования. Питание системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС осуществляется от ГРЩ по радиальной схеме электроснабжения потребителей.

В системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС предусмотрены следующие виды освещения [2]:

- ЩРО (щиток рабочего освещения) – получает питание от шин ГРЩ одной кабельной линией [2];

– ЩАО (щиток аварийного освещения) – получает питание от источника бесперебойного питания (далее – ИБП) [2].

При этом, согласно требованиям [12], питание щитков рабочего и аварийного освещения в обязательном порядке должно осуществляться от различных источников по условию резервирования.

Поэтому, исходя из требований нормативных документов [12], приняты следующие источники питания для освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

- рабочее освещение – от ЩРО по цепи: ТП-ВРУ (ГРЩ)-ЩРО;
- аварийное освещение – от аккумуляторного трёхфазного ИБП.

«Для защиты электрической осветительной сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС от ненормальных режимов (токов КЗ, перегрузки и т.д.) применяются автоматические выключатели, которые по назначению и месту установки делятся на следующие типы» [12]:

- «трёхфазные автоматы ввода осветительных распределительных щитов: ЩРО и ЩАО» [12];
- «однофазные автоматы для защиты распределительных линий (групп) освещения» [12].

Все автоматы для защиты питающей и распределительной сети устарели. Применяемые на объекте марки автоматов А-3124 для этих целей не подходят, так как морально и физически устарели и не выполняют свои функции в полной мере.

Для питания ЩРО и ЩАО от ВРУ-0,4 кВ на объекте применяются устаревшие и изношенные кабели марки АВВГ, которые часто выходят из строя вследствие их износа.

Освещение турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выполнено с применением галогенных и люминисцентных источников света, которые также выработали свой ресурс и часто выходят из

строю путём перегорания. Также светильники типа НСП-02 и ЛСП являются устаревшими.

План расположения потребителей, а также питающей и распределительной осветительной сети объекта реконструкции показан в графической части работы.

Описанная схема осветительной сети до проведения реконструкции также приведена в графической части данной работы.

1.3 Требования, предъявляемые к системам освещения объектов энергетики

«Доказано, что искусственное освещение в значительной степени влияет не только на физическое, но и на психоэмоциональное состояние человека» [16].

«Известно также, что хорошее освещение позволяет любому человеку показывать лучшие результаты труда, а также свести к минимуму травматичность» [16].

«Для каждого вида и типа гражданских сооружений определены минимально допустимые требования к освещенности, которые вошли в действующие нормативные акты» [16].

«Соблюдение этих требований лежит в основе создания системы освещения, которое обеспечит оптимальные удобства» [16].

«Известно, что для гражданских сооружений основными характеристиками являются параметры средней горизонтальной и вертикальной освещенности однородности освещенности, т.е. непосредственное отношение минимальной освещенности к среднему значению, а также показатель комфорта освещенности, который определяется попаданием прямых и отраженных лучей в глаз человека и их относительная яркость» [16].

«Для каждого вида гражданских сооружений разработаны свои требования к параметрам освещенности помещений» [16].

«Их значения определяются как источниками света, так и окружающей обстановкой» [16].

«Известно, что сегодня основное распространение получили светодиодные источники освещения, которые имеют неоспаримое преимущество по сравнению с другими источниками (лампами накаливания, люминисцентными и галогенными)» [16].

«На сегодняшний день светодиодные источники освещения – единственная технология в мире, позволяющая непосредственно гарантировать» [16]:

- «минимальное энергопотребление и обслуживание» [16];
- «выполнение высочайших требований по уровню освещенности» [16];
- «высокое качество цветопередачи» [16];
- «стабильность светового потока без мерцания» [16];
- «управление светом в режиме реального времени» [16].

«Поэтому в работе проектируется освещение объекта с применением светодиодных источников освещения» [16].

«К системе освещения объектов энергетики предъявляются жёсткие требования» [16].

«При этом источники освещения должны соответствовать требуемым нормам и стандартам» [16].

«Люминесцентные лампы должны быть белого света с соответствующими характеристиками, чтобы не утомлять глаза людей, работающих на объектах» [16].

«Их используют в качестве внутреннего освещения объектов, в том числе и объектов энергетики» [16].

«Для внешнего освещения рекомендуется применение ламп типа ДРЛ, ДРИ и ДНаТ» [16].

«Для освещения внешней территории рекомендуется применять прожекторное освещение» [16].

«Прожекторные мачты на территории объектов энергетики необходимо размещать вне зоны работы оборудования» [16].

«Оборудование прожекторных мачт следует предусматривать с местными выключающимися аппаратами, устанавливаемыми у основания этих мачт» [16].

«Для ответственных объектов следует предусматривать местное управление освещением с обеспечением возможности отдельного включения групп светильников, освещающих зоны работ» [16].

«Освещенности на рабочих поверхностях и прилегающих к ним площадях должны приниматься не ниже величин» [16].

«Аварийное освещение для продолжения работы (в помещениях или местах производства наружных работ) надлежит устраивать, если внезапное отключение рабочего освещения (при аварии) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей; длительное нарушение технологического процесса; нарушение работы важных объектов, в которых недопустимо прекращение работ; опасность травматизма в местах большого скопления людей» [16].

«Для эвакуации людей из зданий и сооружений при аварийном отключении рабочего освещения используют аварийное освещение, освещенность которого составляет примерно 10% от нормированного, но не менее 0,5 лк внутри зданий и 0,1 лк на открытых площадках» [16].

«Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения типом, размером или специально нанесенными на них знаками» [16].

«Светильники аварийного освещения для продолжения работы и для эвакуации людей из зданий без естественного света, а также светильники для продолжения работы в зданиях с естественным светом должны присоединяться к независимому источнику питания или переключаться на него автоматически при внезапном отключении рабочего освещения (при аварии)» [16].

«Светильники аварийного освещения для эвакуации людей из зданий с естественным светом должны присоединяться к сети независимо от сети рабочего освещения, начиная от щита подстанции или от ввода в здание (при наличии только одного ввода)» [16].

«Качественное светодиодное освещение, правильно спроектированное и смонтированное, решает все проблемы обычных систем освещения объектов энергетики и существенно снижает затраты на эксплуатацию» [16].

Выводы по разделу 1.

В результате выполнения раздела, приведён анализ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, с детальным рассмотрением основных технических, экономических и организационных характеристик объекта.

Рассмотрены и систематизированы по виду производственной деятельности все помещения данного турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Детально рассмотрена общая система электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, а также система освещения объекта реконструкции.

На основании приведённых исходных данных, а также нормативных сведений и источников, в разделе обоснована необходимость и целесообразность разработки качественного проекта системы электроснабжения объекта реконструкции.

Поставленные задачи решаются в работе далее.

2 Разработка проекта реконструкции системы освещения объекта

2.1 Реконструкция системы освещения объекта

В результате проведённого анализа системы электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, согласно требований нормативных документов, на данном объекте исследования предусмотрены мероприятия по реконструкции, приведённые ниже.

Известно, что согласно требованиям [16], питание щитков рабочего и аварийного освещения в обязательном порядке должно осуществляться от различных источников по условию резервирования. Так как питание ЩРО турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС от ТП-10/0,4 кВ осуществляется одной кабельной линией, что не соответствует питанию потребителей первой и второй категорий надёжности (должно быть два независимых ввода), а в качестве второго источника питания предусмотрен агрегат гарантированного питания (АГП), который принят в виде трёхфазного источника бесперебойного питания (ИБП) аккумуляторного типа, следовательно, необходимо провести реконструкцию схемы электрических соединений системы электроснабжения объекта исследования [12,16].

Поэтому, исходя из требований нормативных документов [12,16], в работе предусмотрены следующие мероприятия по реконструкции системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

– реконструкция схемы питания рабочего освещения, в результате чего предусматривается дополнительный ввод кабельной линией от ЩРО по цепи: ТП-ВРУ (ГРЩ)-ЩРО. В результате внедрения данных мероприятий по реконструкции, питание второй половины потребителей сети рабочего освещения, будет осуществляться от второго ввода ЩРО с резервированием, что значительно повысит надёжность схемы для питания потребителей первой

и второй категорий надёжности. При этом питание аварийного освещения в схеме остаётся питание от аккумуляторного трёхфазного ИБП. Принятая в работе схема электроснабжения системы освещения обеспечивает бесперебойное питание осветительной сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС и обеспечивает необходимую надёжность потребителей, а также экономичность передачи электроэнергии и безопасность людей согласно требований [4,7,10];

– так как в результате проведения анализа установлено, что источники света (лампы), а также проводники и автоматы защиты осветительной сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС морально и технически устарели, и износились, значит, в связи с этими аспектами не выполняют свои функции, следовательно, они нуждаются в замене на современные марки соответствующего оборудования.

На основании приведённых мероприятий по реконструкции и выбранной схемы электрических соединений, являющихся основой для реализации проекта рассматриваемой в работе системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, далее в работе проводится детальный выбор и проверка элементов системы электроснабжения данного объекта исследования.

2.2 Расчёт электрического освещения объекта

«Расчёт электрического освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС состоит из светотехнического и электротехнического расчётов» [7,8].

«При этом в работе выбираются и применяются инновационные светодиодные лампы, которые заменили устаревшие и неэффективные лампы накаливания, использовавшиеся ранее» [8].

«В связи с этим, выбирается светильник типа PHILIPS MASSIVE Hearst White потолочного подвесного типа монтажа с установкой одной

светодиодной лампы (тип цоколя – E27)» [9].

«Для освещения помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выбирается равномерное размещение светильников по вершинам прямоугольников как наиболее рациональное» [7].

«Оптимальное расстояние между светильниками определяется следующим образом» [7]:

$$\lambda_c \cdot H_p \leq L \leq \lambda_э \cdot H_p, \quad (1)$$

где H_p – «расчётная высота подвеса светильника, м» [7,8];

$\lambda_c, \lambda_э$ – «относительные светотехнические и энергетические выгоднейшие расстояния между светильниками, м» [7,8].

«Расчётная высота подвеса выбранного типа светильника вычисляется так» [7]:

$$H_p = H_o - h_{св} - h_{раб}, \quad (2)$$

где $h_{раб}$ – «высота освещаемой рабочей поверхности от пола, м» [7,8].

«По рассчитанному значению L , длине A и ширине B помещения определяют число светильников по длине помещения, шт.» [7]:

$$N_A = \frac{A - 2l_A}{L} + 1. \quad (3)$$

«Число светильников по ширине помещения, шт.» [7]:

$$N_B = \frac{B - 2l_B}{L} + 1. \quad (4)$$

«Общее число светильников, шт.» [7]:

$$N_{\Sigma} = N_A \cdot N_B. \quad (5)$$

«Действительное расстояние между светильниками и рядами» [7]

$$L_A = \frac{A}{N_A - a}. \quad (6)$$

$$L_B = \frac{B}{N_B - a}. \quad (7)$$

Проводится расчёт размещения светильников на примере помещения электрофильтрационной турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

«Расчётная высота подвеса светильника» [7,8]

$$H_p = 4,6 - 0,6 - 1,5 = 2,5 \text{ м.}$$

«Оптимальное расстояние между светильниками» [7,8]

$$0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \leq L = 2.$$

«Число светильников по длине помещения, шт.» [7]:

$$N_A = \frac{4,5 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт.}$$

«Число светильников по ширине помещения» [7,8]

$$N_B = \frac{4 - 2 \cdot 0,5}{2} + 1 \approx 3 \text{ шт.}$$

«Общее число светильников» [7,8]

$$N_{\Sigma} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ шт.}$$

«Действительное расстояние между светильниками» [7,8]

$$L_A = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ м.}$$

«Действительное расстояние между рядами» [7,8]

$$L_B = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ м.}$$

«Расчёт освещения проводится методом коэффициента использования светового потока» [7]

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta_u}, \quad (8)$$

где K_3 - «коэффициент запаса ($K_3=1,15$ для светодиодных ламп)» [7,8].

«Для определения справочного коэффициента использования светового потока в относительных единицах, необходимо найти индекс помещения согласно» [7]

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}. \quad (9)$$

«Далее, пользуясь справочными материалами, выбирается стандартный тип лампы со световым потоком» [7].

«Отклонение расчетного светового потока от светового потока выбранного источника света рассчитывается так» [7]:

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_{ис} - \Phi}{\Phi} \cdot 100\%. \quad (10)$$

«Индекс помещения» [7]

$$i = \frac{4,5 \cdot 4}{2,5 \cdot (4,5 + 4)} = 0,85.$$

«Для выбранного типа светильника PHILIPS MASSIVE Hearst White потолочного подвесного типа, при значении $i=0,85$ определяется справочный коэффициент использования светового потока в относительных единицах, который равен значению $\eta_{и} = 0,75$ » [8].

«Световой поток лампы светильника» [8]

$$\Phi = \frac{300 \cdot 18 \cdot 1,15 \cdot 1,1}{9 \cdot 0,75} = 1012 \text{ лм.}$$

«Выбирается светодиодная LED лампа типа Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком $\Phi_{ст} = 1150$ лм» [10].

«Мощность лампы в светильнике равна 11 Вт, количество ламп в светильнике – одна» [8].

«Отклонение расчетного светового потока от светового потока выбранного источника света для расчётного объекта находится в допустимых пределах» [8] (-10÷20%)

$$\Delta\Phi = \frac{1150 - 1012}{1012} \cdot 100 = 13,6 \%$$

Условия выполняются.

Эскиз размещения источников освещения помещения электрофильтрационной турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС представлен на рисунке 1.

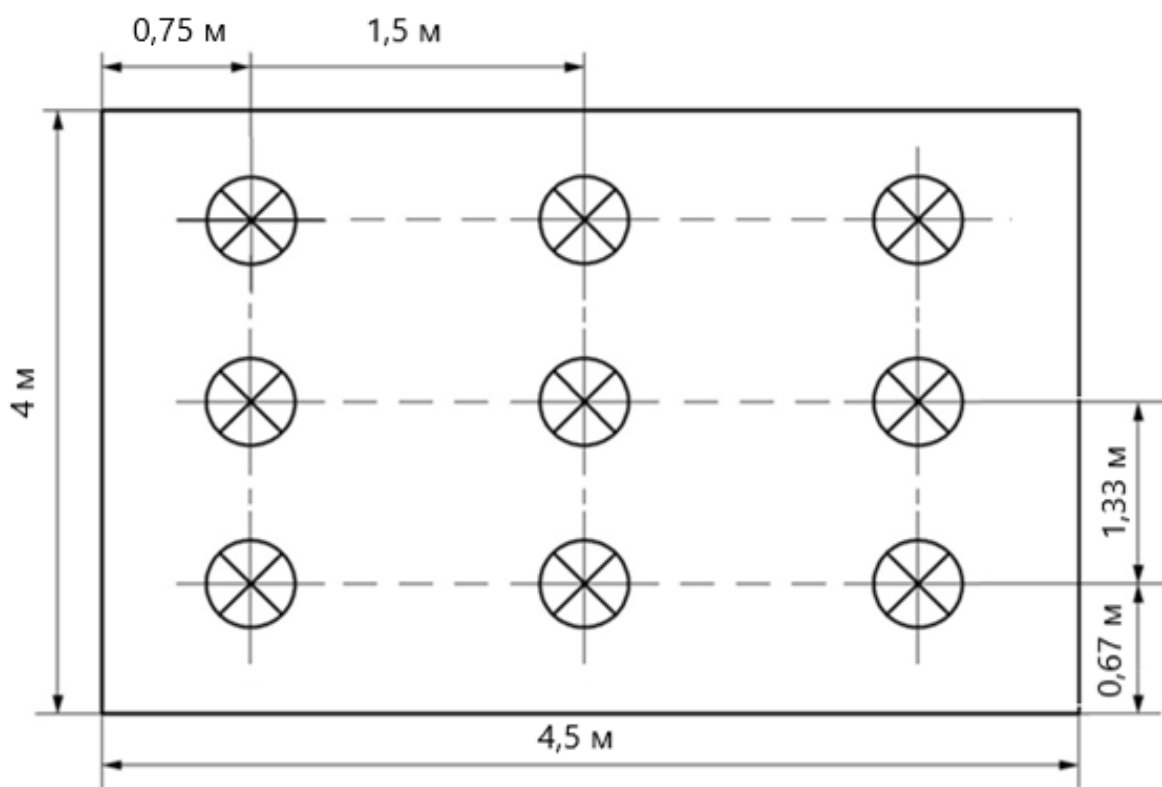


Рисунок 1 – Эскиз размещения источников освещения помещения электрофильтрационной турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Такое расположение светильников для освещения производственно-складского помещения электрофильтрационной турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС является равномерным и экономичным, поэтому окончательно принято в работе.

Расчёт освещения остальных помещений проектируемой системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской

ГРЭС выполнен аналогично. Результаты светотехнического расчёта помещений системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС приведены в таблице 2. Подсветка ответственных механизмов и участков также учтена в данной таблице.

Таблица 2 – Результаты светотехнического расчёта помещений турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Помещение	Тип источника света (лампа)	S, м ²	Ен, лк	N св. (длина) x N св.(ширина) = N св.(общее), шт.
Освещение основных помещений				
Машинный зал	Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком Фст = 1150 лм; в светильнике одна лампа	240,0	250	10x11=110
Пост охраны		12,0	250	3x2=6
Вестибюль		24,0	200	4x3=12
Фильтрационная		27,0	200	4x3=12
Санузел		5,0	120	1x2=2
Дымососное отделение		24,0	300	5x3=15
Котельное отделение		24,0	300	5x3=15
Деаэрационное отделение		16,0	250	4x2=8
Отделение пересыпки		14,0	250	4x2=8
Электрофильтрационная		18,0	300	3x3=9
Насосная собственных нужд		10,5	300	3x2=6
Комната персонала		9,0	300	3x2=6
Диспетчерская		12,0	250	4x2=8
Кабинет начальника и инженерного персонала	9,0	250	4x2=8	
Подсветка ответственных механизмов и участков				
Подсветка турбины	Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком Фст = 1150 лм; в светильнике одна лампа	16,0	200	3x2=6
Подсветка панели управления		12,0	200	2x2=4
Подсветка шкафа управления		18,0	150	2x2=4
Подсветка фильтров		5,0	150	1x2=2
Подсветка главного входа		16,0	200	3x2=6
Подсветка аварийного выхода		16,0	200	3x2=6
Всего по объекту реконструкции				253

Проверка выбранных источников света системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС также проведена и подтверждена в программе DIALux.

Результаты расчёта освещения на примере машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, выполненные в программе DIALux, приведены в работе в графической части.

Для выбора проводников и электрических аппаратов распределительной сети освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, необходимо провести расчёт электрических нагрузок магистральных щитков освещения, которые устанавливаются на каждое помещение объекта.

С учётом количества ламп освещения, расчётная активная нагрузка магистральных щитков освещения объектов будет определяться так [4]:

$$P_{м.} = P_{л.} \cdot N, \text{ кВт}, \quad (11)$$

где $P_{л.}$ – паспортная мощность одной лампы, принятой на объекте освещения в результате расчёта, кВт;

N – число ламп, принятых на объекте освещения в результате расчёта, шт.

С учётом количества ламп освещения, расчётная реактивная нагрузка магистральных щитков освещения объектов будет определяться так [4]:

$$Q_{м.} = P_{м.} \cdot \text{tg}\varphi, \text{ квар}, \quad (12)$$

где $\text{tg}\varphi$ – «коэффициент реактивной мощности выбранных источников света» [7].

Значение расчётной полной нагрузки магистральных щитков освещения объектов будет определяться так [4]:

$$S_{м.} = \sqrt{P_{м.}^2 + Q_{м.}^2}, \text{ кВА.} \quad (13)$$

Значение расчётного тока нагрузки магистральных щитков освещения объектов будет определяться так [4]:

$$I_{м.} = \frac{S_{м.}}{\sqrt{3}U_{ном.}}. \quad (14)$$

Определение расчётной нагрузки магистрального щитка освещения в работе проводится на примере машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

С учётом количества ламп освещения на объекте, расчётная активная нагрузка магистрального щитка освещения машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

$$P_{м.} = 0,011 \cdot 110 = 1,21 \text{ кВт.}$$

Расчётная реактивная нагрузка магистрального щитка освещения машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

$$Q_{м.} = 1,21 \cdot 0,33 = 0,4 \text{ квар.}$$

Значение расчётной полной нагрузки магистрального щитка освещения машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

$$S_{м.} = \sqrt{1,21^2 + 0,4^2} = 1,27 \text{ кВА.}$$

Значение расчётного тока нагрузки магистрального щитка освещения машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

$$I_{м.} = \frac{1,27}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1,96 \text{ А.}$$

Аналогично определены расчётные нагрузки остальных магистральных щитков освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС и результаты приведены в работе в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Расчётные нагрузки магистральных щитков освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Помещение	N св., шт.	P _м , кВт	Q _м , квар	S _м , кВА	I _м , А
Машинный зал	110	1,21	0,4	1,27	1,96
Пост охраны	6	0,07	0,02	0,08	0,12
Вестибюль	12	0,14	0,04	0,16	0,25
Фильтрационная	12	0,14	0,04	0,16	0,25
Санузел	2	0,02	0,007	0,03	0,05
Дымососное отделение	15	0,17	0,05	0,18	0,26
Котельное отделение	15	0,17	0,05	0,18	0,26
Деаэраторное отделение	8	0,09	0,03	0,10	0,15
Отделение пересыпки	8	0,09	0,03	0,10	0,15
Электрофильтрационная	9	0,10	0,03	0,11	0,17
Насосная собственных нужд	6	0,07	0,02	0,08	0,12
Комната персонала	6	0,07	0,02	0,08	0,12
Диспетчерская	8	0,09	0,03	0,10	0,15
Кабинет начальника и инженерного персонала	8	0,09	0,03	0,10	0,15
Подсветка турбины	6	0,07	0,02	0,08	0,12
Подсветка панели управления	4	0,04	0,01	0,06	0,09
Подсветка шкафа управления	4	0,04	0,01	0,06	0,09
Подсветка фильтров	2	0,02	0,007	0,03	0,05
Подсветка главного входа	6	0,07	0,02	0,08	0,12
Подсветка аварийного выхода	6	0,07	0,02	0,08	0,12

Исходя из выбранных источников освещения и их количества, проводится расчёт значения суммарной нагрузки освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

$$P_{осв.н} = \sum_{i=1}^n N_{л} \cdot P_{л.}, \text{ кВт.} \quad (15)$$

$$P_{осв.н} = 253 \cdot 0,011 = 3,036 \approx 3,04 \text{ кВт.}$$

«Расчётная реактивная нагрузка освещения» [8]:

$$Q_{осв.н} = P_{осв.н} \cdot \text{tg}\varphi, \text{ кВАр,} \quad (16)$$

где $\text{tg}\varphi$ - «коэффициент реактивной мощности источников света» [7].

$$Q_{осв.н} = 3,04 \cdot 0,33 \approx 1 \text{ квар.}$$

«Полная расчётная нагрузка освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС» [7]:

$$S_{осв.н} = \sqrt{P_{осв.н}^2 + Q_{осв.н}^2}, \text{ кВА.} \quad (17)$$

$$S_{осв.н} = \sqrt{3,04^2 + 1^2} = 3,2 \text{ кВА.}$$

«Дополнительно в работе принимается 0,5 кВт на наружное освещение турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС» [8] (подсветка здания и фасада, афиши, световая реклама и т.д.).

«Аварийное освещение в работе принимается 10% от рабочего освещения согласно» [12].

Электроснабжение щитка аварийного освещения осуществляется от ИБП турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Поэтому окончательные нагрузки освещения в работе будут равны:

$$P_{осв.н} = 3,04 + 0,5 = 3,54 \text{ кВт.}$$

$$Q_{осв.н} = 3,54 \cdot 0,33 \approx 1,17 \text{ квар.}$$

$$S_{осв.н} = \sqrt{3,54^2 + 1,17^2} = 3,72 \text{ кВА.}$$

Далее в работе на основании рассчитанных нагрузок производится выбор и проверка проводников объекта реконструкции.

2.3 Выбор и проверка проводников системы освещения

Проводится выбор и проверка сечения проводников напряжением 0,38/0,22 кВ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

В данной работе выбору подлежат следующие проводники напряжением 0,38/0,22 кВ согласно реконструированной схеме электрических соединений системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС:

– питающая сеть 0,38/0,22 кВ – кабельные линии напряжением 0,38/0,22 кВ от шин ВРУ-0,4 кВ (ГРЩ) до ЩРО и ЩАО турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС;

– распределительная сеть 0,38/0,22 кВ – от секций сборных шин напряжением 0,38/0,22 кВ ЩРО и ЩАО до всех групп освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС (магистральных щитков освещения помещений).

«Значение рабочего тока кабельной линии» [14]

$$I_{р.} = \frac{S_{р.}}{\sqrt{3}U_{ном.}}. \quad (18)$$

«Максимальный расчётный ток кабеля с учётом резервирования» [8]

$$I_{p.макс} = 1,4I_p. \quad (19)$$

«Условие проверки кабеля по току нормального режима» [14]:

$$I_{доп} \geq I_p, \quad (20)$$

где $I_{доп}$ – «длительно – допустимый ток выбранного кабеля» [1].

«Условие проверки кабеля по току послеаварийного режима» [14]:

$$I_{доп} \geq I_{p.макс}. \quad (21)$$

Проверка на допустимые потери напряжения в линии с учётом длины и марки КЛ:

$$\Delta U\% = \frac{S_p \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)}{U_n^2} \cdot 100, \quad (22)$$

где S_p – «значение расчётной полной нагрузки линии, кВА» [8];

l – «длина кабельной линии, км» [8].

Для питающего кабеля ЩРО от ВРУ(ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС с учётом того, что после реконструкции для ЩРО принято два питающих кабеля, следовательно, для каждого из них значение расчётного рабочего тока будет определяться таким образом [8]:

$$I_p = \frac{3,72}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 5,7 \text{ A.}$$

Предварительно для питающего кабеля ЩРО от ВРУ(ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выбирается ближайшее стандартное сечение кабеля с учётом селективности и механической прочности $F=2,5 \text{ мм}^2$ [8].

Принимается кабель марки ВВГнг-LS 5×2,5 с предельно-допустимым током $I_{дон}=28 \text{ А}$ [1].

Предусматривается условие прокладки питающей КЛ с использованием стандартной системы лотков.

Проводится проверка выбранного сечения кабеля:

- на допустимый нагрев в нормальном режиме работы

$$28 \text{ А} \geq 5,7 \text{ А}.$$

Условие проверки выполняется;

- с учётом перегрева в максимальном режиме

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 5,7 = 7,98 \text{ А}.$$

$$28 \text{ А} \geq 7,98 \text{ А}.$$

Условие проверки выполняется;

- на допустимую потерю напряжения в нормальном режиме:

$$\Delta U_n = \frac{\sqrt{3} \cdot 570 \cdot 0,5 \cdot (1,17 \cdot \cos 0,95 + 0,066 \cdot \sin 0,95)}{380} \cdot 100\% = 2,21\%.$$

Условие проверки выполняется

$$2,21 \% < 5\%.$$

В результате проведения расчётов и проверок установлено, что силовой пятижильный кабель питающей сети освещения от ВРУ(ГРЩ) до ЩРО

турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, при условии прокладки в стандартной лоточной системе, удовлетворяет выбору и проверке во всех режимах.

Далее в работе проводится выбор кабельных линий распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ по допустимому нагреву по условию [1]

$$I'_{\text{доп}} \geq I_p. \quad (23)$$

где $I'_{\text{доп}}$ - длительно допустимый ток кабеля с учётом отклонений от нормальных условий прокладки [3], А.

В работе принимаются к использованию в распределительной сети 0,38/0,22 кВ освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, силовые кабели, с медной жилой, с изоляцией, не поддерживающей горения, трёхжильные, марки ВВГнг-LS [17].

Выбранные сечения кабеля 0,38/0,22 кВ проверяются на допустимый нагрев в послеаварийном режиме работы по условию [1]

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{p.\text{max}}, \quad (24)$$

где $I_{p.\text{max}}$ – максимальный расчётный ток линии, А [12].

Также выбранные сечения кабелей распределительной сети освещения подлежит проверке на допустимую потерю напряжения аналогично проверке питающего кабеля ЩРО от ВРУ(ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Проводится выбор распределительной линии освещения от ЩРО до магистрального щитка освещения (далее – МЩО) машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Расчётный ток для МЩО машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС с учётом количества и

мощности ламп определён в работе ранее при расчёте электрических нагрузок объекта и равен $I_p = 1,96 \text{ A}$.

Предусматривается прокладка данного кабеля в лотках стандартной конструкции.

Предварительно выбирается для питания МЦО машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС силовой кабель марки ВВГнг-LS $5 \times 1,5$ с $I_{\text{дон}} = 19 \text{ A}$ [1].

«Допустимый ток данного кабеля» [8]:

$$I'_{\text{дон}} = 1 \cdot 19 = 19 \text{ A}.$$

«Проверка по нагреву током нормального режима выполняются» [8]

$$I'_{\text{дон}} = 19 \text{ A} \geq 1,96 \text{ A}.$$

Условие проверки кабеля по нагреву в послеаварийном режиме также выполняется

$$I_{p.\text{max}} = 1,4 \cdot 1,96 = 2,74 \text{ A}.$$

$$19 \text{ A} \leq 2,76 \text{ A}.$$

Следовательно, принимается кабель марки ВВГнг-LS $5 \times 1,5$ с $I_{\text{дон}} = 19 \text{ A}$ [1].

«Потери напряжения в кабельной линии соответствуют нормам» [8]:

$$\Delta U_n = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,96 \cdot 0,1 \cdot (0,28 \cdot \cos 0,95 + 0,042 \cdot \sin 0,95)}{380} \cdot 100\% = 3,38\%.$$

$$3,38\% < 5\%.$$

Окончательно принимается для питания МЦО машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, современный тип силового кабеля марки ВВГнг-LS 5×1,5 (прокладка – в кабельных лотках стандартных конструкций).

Остальные кабели для питания МЦО распределительной сети освещения машинного зала турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выбраны аналогично (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты выбора кабельных линий распределительной сети 0,38/0,22 кВ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Помещение	I_p , А	$I_{p.макс}$, А	Марка кабеля	$I_{доп.}$, А
Машинный зал	1,96	2,74	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Пост охраны	0,12	0,17	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Вестибюль	0,25	0,35	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Фильтрационная	0,25	0,35	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Санузел	0,05	0,07	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Дымососное отделение	0,26	0,37	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Котельное отделение	0,26	0,37	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Деаэрационное отделение	0,15	0,21	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Отделение пересыпки	0,15	0,21	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Электрофильтрационная	0,17	0,24	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Насосная собственных нужд	0,12	0,17	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Комната персонала	0,12	0,17	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Диспетчерская	0,15	0,21	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Кабинет начальника и инженерного персонала	0,15	0,21	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Подсветка турбины	0,12	0,17	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Подсветка панели управления	0,09	0,13	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Подсветка шкафа управления	0,09	0,13	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Подсветка фильтров	0,05	0,07	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Подсветка главного входа	0,12	0,17	ВВГнг-LS 3×1,5	19
Подсветка аварийного выхода	0,12	0,17	ВВГнг-LS 3×1,5	19

Результаты выбора кабельных линий питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС говорят о том, что все выбранные кабели удовлетворяют всем условиям проверок.

Такие кабели рекомендуются современными требованиями техниче-
ски-нормативной документацией [7].

Выбранные в работе кабели питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС удовлетворяют условиям проверки по допустимому нагреву в нормальном и послеаварийном режимах работы, а также по допустимой потере напряжения в выбранной кабельной линии.

2.4 Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания (далее – КЗ) в системе освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС необходимо проводить, начиная от источника питания с учётом всей системы электроснабжения объекта исследования.

Для расчёта токов КЗ в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, по принятой в работе схеме электроснабжения (графический лист 3) составляется расчётная схема сети и схема замещения для данного участка сети, а также для всей схемы в целом по методике [12].

Для наглядности, все схемы, применяемые для расчёта токов КЗ, приведены в работе последовательно.

Так как в работе в схеме электрических соединений системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС каждый силовой трансформатор питающей ТП-10/0,4 кВ работает на свою секцию шин 10 кВ отдельно (применяется отдельный режим работы), с целью упрощения, для расчёта токов КЗ рассматривается один из участков сети «линия – трансформатор – шины 10 кВ – нагрузка», по которой составляется схема замещения.

Для остальных участков (вторая часть системы электроснабжения объекта) схемы типичных участков сети «линия – трансформатор – шины 10

кВ – нагрузка», результаты полученных токов КЗ в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, будут отличаться незначительно, находясь в допустимых пределах принятых погрешностей [12].

В работе проводится расчёт следующих видов токов КЗ:

- максимального трёхфазного;
- ударного;
- максимального однофазного.

Составляется расчётная схема для расчёта значений максимальных и ударных токов трёхфазного короткого замыкания (рисунок 2) и нумеруется на ней точки КЗ.

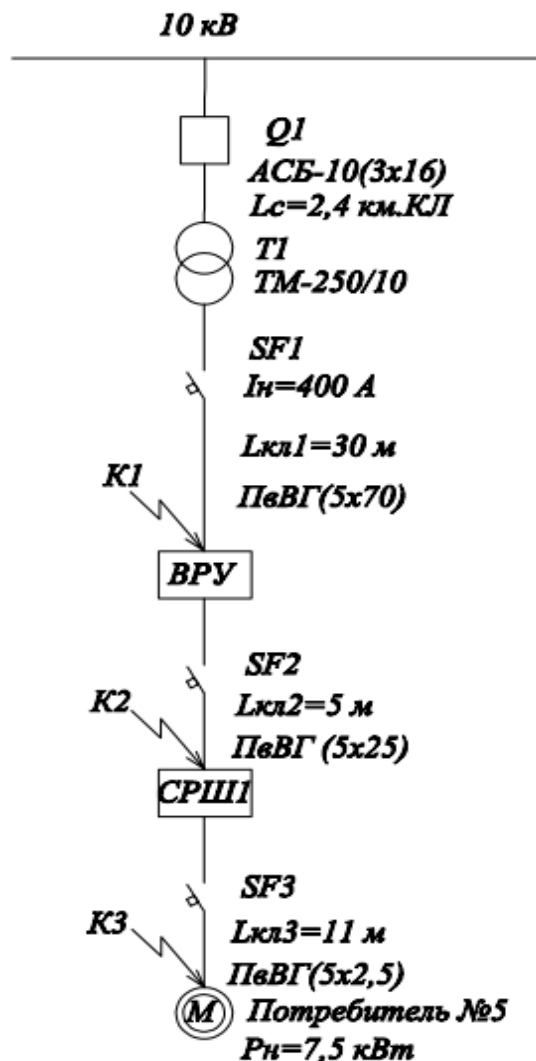


Рисунок 2 – Расчётная схема

Исходя из расчётной схемы, составляется исходная схема замещения для расчёта значений максимальных и ударных токов трёхфазного короткого замыкания, на которую наносятся все рассчитанные параметры (рисунок 3).

По мере определения параметров, они все наносятся на схему замещения (знаменатель). В числителе показан сам расчётный параметр схемы.

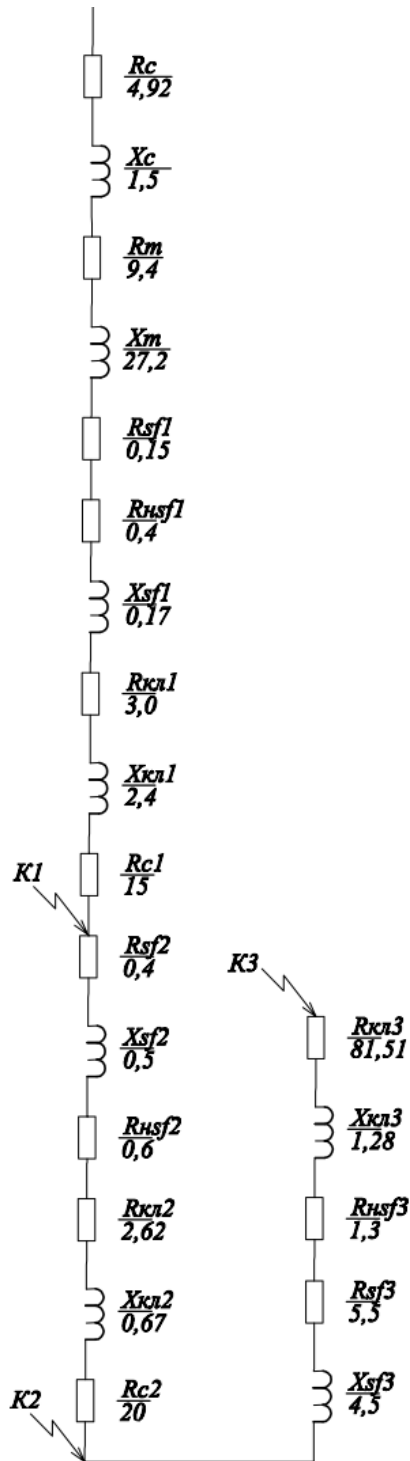


Рисунок 3 – Исходная схема замещения

«Задача расчёта токов КЗ – рассчитать токи трёхфазного, двухфазного и величину ударных токов КЗ в сети 10 кВ и на вводе 0,4 кВ» [5]. Это будут максимальные токи КЗ, которые будут использованы в работе далее при выборе и проверке оборудования.

«Величина базисного напряжения принимается выше номинального напряжения сети на 5%» [5].

«Исходные данные для проведения расчёта:

– « $L_c = 2,4$ км; где L_c – длина линии от ГПП до ТП-10/0,4 кВ» [5];

– « $L_{кл1} = 30$ м, где $L_{кл1}$ – длина линии от ТП-10/0,4 кВ до ВРУ» [5];

– « $L_{кл2} = 5$ м, где $L_{кл2}$ – длина линии от ВРУ кВ до СРШ1» [5];

– « $L_{кл3} = 11$ м, где $L_{кл3}$ – длина линии от СРШ1 до потребителя» [5]

номер 5 по плану расположения потребителей объекта.

Далее в работе «вычисляются сопротивления элементов и наносятся на схему замещения» [5].

«Системы» [5]

$$I_c = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_c}, \text{ А.} \quad (25)$$

$$I_c = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,4 \text{ А.}$$

«Удельное индуктивное сопротивление КЛ марки АСБ-10(3×16): $x_0 = 0,4$ Ом/км; $r_0 = 1,28$ Ом/км» [8].

$$X'_c = x_0 L_c, \text{ Ом;} \quad (26)$$

$$R'_c = r_0 L_c, \text{ Ом;} \quad (27)$$

$$X'_c = 0,4 \cdot 2,4 = 0,96 \text{ Ом;}$$

$$R'_c = 1,28 \cdot 2,4 = 3,07 \text{ Ом.}$$

«Сопротивления приводятся к низкому напряжению (НН)» [5]:

$$R_c = R'_c \left(U_{HH} / U_{BH} \right)^2, \text{ МОм.} \quad (28)$$

$$X_c = X'_c \left(U_{HH} / U_{BH} \right)^2, \text{ МОм.} \quad (29)$$

$$R_c = 3,072 \cdot (0,4 / 10)^2 \cdot 10^3 = 4,92 \text{ МОм.}$$

$$X_c = 0,96 \cdot (0,4 / 10)^2 \cdot 10^3 = 1,5 \text{ МОм.}$$

«Для трансформатора ТМ-250/10: $R_T = 9,4 \text{ МОм}$, $X_T = 27,2 \text{ МОм}$; $Z_T^{(1)} = 312 \text{ МОм}$; $Z_T = 28,7 \text{ МОм}$ » [5].

«Для автоматов схемы: SF₁: $R_{SF1} = 0,15 \text{ МОм}$; $X_{SF1} = 0,17 \text{ МОм}$; $R_{HSF1} = 0,4 \text{ МОм}$; SF₂: $R_{SF3} = 0,4 \text{ МОм}$; $X_{SF3} = 0,5 \text{ МОм}$; $R_{HSF3} = 0,6 \text{ МОм}$; SF₃: $R_{SF5} = 5,5 \text{ МОм}$; $X_{SF5} = 4,5 \text{ МОм}$; $R_{HSF5} = 1,3 \text{ МОм}$ » [5].

«Для кабельных линий: КЛ1: $r_{01} = 0,1 \text{ МОм/м}$; $x_{01} = 0,08 \text{ МОм/м}$ » [5].

«При этом» [5]

$$R_{\text{кл1}} = r_{01} \cdot L_{\text{кл1}}, \text{ МОм,} \quad (30)$$

где « $R_{\text{кл1}}$ – активное сопротивление КЛ» [5].

$$X_{\text{кл1}} = x_{01} \cdot L_{\text{кл1}}, \text{ МОм,} \quad (31)$$

где « $X_{\text{кл1}}$ – индуктивное сопротивление КЛ» [5].

Для КЛ в работе:

$$R_{\text{кл1}} = 0,1 \cdot 30 = 3,0 \text{ МОм.}$$

$$X_{\text{кл1}} = 0,08 \cdot 30 = 2,4 \text{ МОм.}$$

КЛ2: $r_{02} = 0,524 \text{ МОм/м}$; $x_{02} = 0,133 \text{ МОм/м}$.

Значит, для КЛ2:

$$R_{\text{кл2}} = 0,524 \cdot 5 = 2,62 \text{ МОм.}$$

$$X_{\text{кл}2} = 0,133 \cdot 5 = 0,67 \text{ мОм.}$$

КЛЗ: $r_{03} = 7,41 \text{ мОм}$; $x_{03} = 0,144 \text{ мОм}$.

Для КЛЗ:

$$R_{\text{кл}3} = 7,41 \cdot 11 = 81,51 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{кл}3} = 0,116 \cdot 11 = 1,28 \text{ мОм.}$$

«Принимается для ступеней распределения: $R_{c1} = 15 \text{ мОм}$; $R_{c2} = 20 \text{ мОм}$ » [5].

«Упрощается исходная схема замещения путём расчёта эквивалентных сопротивлений схемы на участках между точками КЗ» [5]. «Полученные результаты наносятся на схему (рисунок 4)» [5].

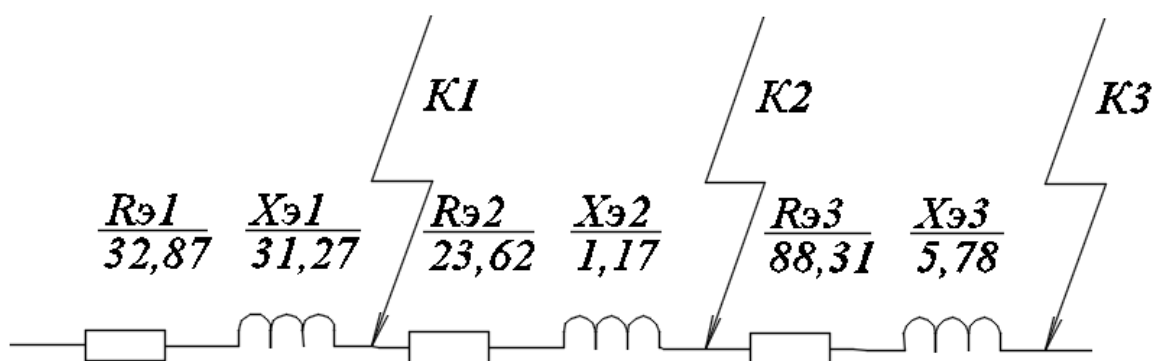


Рисунок 4 – Схема замещения упрощенная

«Выполняется последовательное преобразование схемы относительно расчётных точек КЗ и расчёт эквивалентных сопротивлений для упрощённой схемы замещения» [5]

$$R_{\text{э}1} = R_c + R_T + R_{\text{SF1}} + R_{\text{H}_{\text{SF1}}} + R_{c1} + R_{\text{кл}1}, \text{ мОм.} \quad (32)$$

$$R_{\text{э}1} = 4,92 + 9,4 + 0,15 + 0,4 + 15 + 3 = 32,87 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{э}1} = X_c + X_T + X_{\text{SF1}} + X_{\text{кл}1}, \text{ мОм.} \quad (33)$$

$$X_{\vartheta 1} = 1,5 + 27,2 + 0,17 + 2,4 = 31,27 \text{ МОМ.}$$

$$R_{\vartheta 2} = R_{SF2} + R_{H_{SF2}} + R_{к12} + R_{c2}, \text{ МОМ.} \quad (34)$$

$$R_{\vartheta 2} = 0,4 + 0,6 + 2,62 + 20 = 23,62 \text{ МОМ.}$$

$$X_{\vartheta 2} = X_{SF2} + X_{к12}, \text{ МОМ.} \quad (35)$$

$$X_{\vartheta 2} = 0,5 + 0,67 = 1,17 \text{ МОМ.}$$

$$R_{\vartheta 3} = R_{SF3} + R_{H_{SF3}} + R_{к13}, \text{ МОМ.} \quad (36)$$

$$R_{\vartheta 3} = 5,5 + 1,3 + 81,51 = 88,31 \text{ МОМ.}$$

$$X_{\vartheta 3} = X_{SF3} + X_{к13}, \text{ МОМ.} \quad (37)$$

$$X_{\vartheta 3} = 4,5 + 1,28 = 5,78 \text{ МОМ.}$$

«Вычисляются сопротивления до каждой точки КЗ» [5]:

$$R_{к1} = R_{\vartheta 1}, \text{ МОМ.} \quad (38)$$

$$R_{к1} = 32,87 \text{ МОМ.}$$

$$X_{к1} = X_{\vartheta 1}, \text{ МОМ.} \quad (39)$$

$$X_{к1} = 31,27 \text{ МОМ.}$$

$$Z_{к1} = \sqrt{R_{к1}^2 + X_{к1}^2}, \text{ МОМ.} \quad (40)$$

$$Z_{к1} = \sqrt{32,87^2 + 31,27^2} = 45,37 \text{ МОМ.}$$

$$R_{к2} = R_{\vartheta 1} + R_{\vartheta 2}, \text{ МОМ.} \quad (41)$$

$$R_{к2} = 32,87 + 23,62 = 56,48 \text{ МОМ.}$$

$$X_{к2} = X_{\vartheta 1} + X_{\vartheta 2}, \text{ МОМ.} \quad (42)$$

$$X_{к2} = 31,27 + 1,17 = 32,44 \text{ МОМ.}$$

$$Z_{к2} = \sqrt{R_{к2}^2 + X_{к2}^2}, \text{ МОМ.} \quad (43)$$

$$Z_{к2} = \sqrt{56,48^2 + 32,44^2} = 65,13 \text{ МОМ.}$$

$$R_{к3} = R_{к2} + R_{\vartheta 3}, \text{ МОМ.} \quad (44)$$

$$R_{к3} = 56,48 + 88,31 = 144,79 \text{ МОМ.}$$

$$X_{к3} = X_{к2} + X_{э3}, \text{ мОм.} \quad (45)$$

$$X_{к3} = 32,44 + 5,78 = 38,22 \text{ мОм.}$$

$$Z_{к3} = \sqrt{R_{к3}^2 + X_{к3}^2}, \text{ мОм.} \quad (46)$$

$$Z_{к2} = \sqrt{144,79^2 + 38,22^2} = 149,75 \text{ мОм.}$$

Отношения активных и индуктивных сопротивлений схемы

$$R_{к1} / X_{к1} = 32,87 / 31,27 = 1,05.$$

$$R_{к2} / X_{к2} = 56,48 / 32,44 = 1,74.$$

$$R_{к3} / X_{к3} = 144,79 / 38,22 = 3,79.$$

Определяются ударные коэффициенты по [7, с.59, рис.1.9.1].

$$K_{y1} = F(R_{к} / X_{к}). \quad (47)$$

$$K_{y1} = F(1,05) = 1,0.$$

$$K_{y2} = F(1,74) = 1,0.$$

$$K_{y3} = F(3,79) = 1,0.$$

«Значение токов трёхфазного КЗ» [5]:

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{U_{к}}{\sqrt{3} \cdot Z_{к}}, \text{ кА.} \quad (48)$$

$$I_{к1}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 45,37} \cdot 10^3 = 5,09 \text{ кА.}$$

$$I_{к2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 65,13} \cdot 10^3 = 3,37 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 149,75} \cdot 10^3 = 0,85 \text{ кА.}$$

Значение ударных токов трёхфазного КЗ

$$i_{\text{ук}} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{к}}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (49)$$

где K_y - ударный коэффициент.

$$i_{\text{ук1}} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 5,09 = 7,18 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{ук2}} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 3,37 = 4,75 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{ук3}} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,85 = 1,2 \text{ кА.}$$

Значение токов двухфазного КЗ

$$I_{\text{к}}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\text{к1}}^{(3)}, \text{ кА.} \quad (50)$$

$$I_{\text{к1}}^{(2)} = 0,87 \cdot 5,09 = 4,43 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{к2}}^{(2)} = 0,87 \cdot 3,37 = 2,93 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{к3}}^{(2)} = 0,87 \cdot 0,85 = 0,74 \text{ кА.}$$

«Составляется схема замещения для расчета однофазных токов КЗ (рисунок 5) и определяются сопротивления схемы» [5].

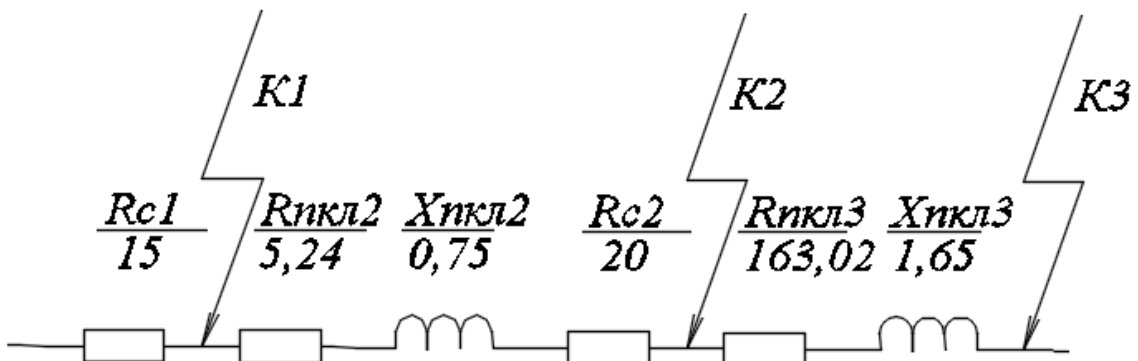


Рисунок 5 – Схема замещения для расчета однофазных токов КЗ

«Для кабельных линий» [5]:

$$R_{\text{пкЛ2}} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{\text{кЛ2}}, \text{ мОм.} \quad (51)$$

$$R_{\text{пкЛ2}} = 2 \cdot 0,524 \cdot 5 = 5,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{пкЛ2}} = x_{0\text{п}} \cdot L_{\text{кЛ2}}, \text{ мОм.} \quad (52)$$

$$X_{\text{пкЛ2}} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{пкЛ3}} = 2 \cdot r_0 \cdot L_{\text{кЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (53)$$

$$R_{\text{пкЛ3}} = 2 \cdot 7,41 \cdot 11 = 163,02 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{пкЛ3}} = x_{0\text{п}} \cdot L_{\text{кЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (54)$$

$$X_{\text{пкЛ3}} = 0,15 \cdot 11 = 1,65 \text{ мОм.}$$

Определяются сопротивления петли «фаза-ноль» ко всем точкам схемы:

$$Z_{\text{п1}} = 15 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{п2}} = R_{\text{с1}} + R_{\text{пкЛ2}} + R_{\text{с2}}, \text{ мОм.} \quad (55)$$

$$R_{\text{п2}} = 15 + 5,24 + 20 = 35,24 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{п2}} = X_{\text{пкЛ2}}, \text{ мОм.} \quad (56)$$

$$X_{\text{п2}} = 0,75 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{R_{\text{п2}}^2 + X_{\text{п2}}^2}, \text{ мОм.} \quad (57)$$

$$Z_{\text{п2}} = \sqrt{35,24^2 + 0,75^2} = 35,25 \text{ мОм.}$$

$$R_{\text{п3}} = R_{\text{п2}} + R_{\text{пкЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (58)$$

$$R_{\text{п3}} = 35,24 + 163,02 = 198,26 \text{ мОм.}$$

$$X_{\text{п3}} = X_{\text{п2}} + X_{\text{пкЛ3}}, \text{ мОм.} \quad (59)$$

$$X_{\text{п3}} = 0,75 + 1,65 = 2,4 \text{ мОм.}$$

$$Z_{\text{п3}} = \sqrt{R_{\text{п3}}^2 + X_{\text{п3}}^2}, \text{ мОм.} \quad (60)$$

$$Z_{\text{п3}} = \sqrt{198,26^2 + 2,4^2} = 198,27 \text{ мОм.}$$

Значение «тока однофазного короткого замыкания в расчётных точках»

[5]:

$$I_{ki}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{пi} + Z_T / 3}, \text{ кА.} \quad (61)$$

$$I_{к1}^{(1)} = \frac{220}{15 + 312 / 3} = 1,85 \text{ кА.}$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{220}{35,25 + 312 / 3} = 1,57 \text{ кА.}$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{220}{198,27 + 312 / 3} = 0,73 \text{ кА.}$$

«Все полученные в работе результаты расчёта токов КЗ заносятся в таблицу 5» [5]. Также в таблицу 5 заносятся результаты суммарных сопротивлений в точках КЗ.

Таблица 5 – Результаты расчёта токов КЗ

Точка КЗ	R _к , МОм	X _к , МОм	Z _к , МОм	R _к / X _к	K _y /q	I _к ⁽³⁾ , кА	i _y , кА	I _к ⁽²⁾ , кА	Z _п , МОм	I _к ⁽¹⁾ , кА
К1	32,87	31,27	45,37	1,05	1,0/1,0	5,09	7,18	4,43	15	1,85
К2	56,48	32,44	65,13	1,74	1,0/1,0	3,37	4,75	2,93	35,25	1,57
К3	144,79	38,22	149,75	3,79	1,0/1,0	0,85	1,20	0,74	198,27	0,73

Полученные в работе результаты расчёта токов КЗ в расчётных точках К2 и К3 используются для проверки электрических аппаратов на термическую и динамическую стойкость к токам КЗ в системе освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС. При этом для аппаратов защиты и коммутации ЩРО и ЩАО используются результаты расчёта токов КЗ, полученные в точке К2, а для аппаратов защиты и коммутации МЩО применяются результаты расчёта токов КЗ, полученные в точке К3. Выбор аппаратов для установки в ЩРО, ЩАО и МЩО проводится далее.

2.5 Выбор электрических аппаратов осветительной сети

Защита электрической осветительной распределительной и питающей сети в работе осуществляется автоматическими воздушными выключателями (автоматами).

В схеме электроснабжения осветительной сети турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, автоматы устанавливаются:

- в шкафах ЩРО и ЩАО;
- в шкафах МЩО.

«В работе выбор электрических аппаратов в общем виде производится по номинальным значениям напряжения и тока по и формулам» [12]:

$$U_{уст} \leq U_n; \quad (62)$$

$$I_{раб.макс.} \leq I_n. \quad (63)$$

Автоматы выбираются по условиям, приведённым ниже.

«Номинальные токи автомата и уставки теплового расцепителя» [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (64)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (65)$$

«Ток уставки электромагнитного расцепителя» [14]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k, \quad (66)$$

где « $K_{то}$ – кратность тока отсечки» [19].

«В случае, если автомат выполнен с регулируемым электромагнитным расцепителем, зависящим от тока уставки теплового расцепителя» [19]:

$$I_{y.э.p} \geq K \cdot I_{y.m.p}, \quad (67)$$

где « K – кратность тока уставки ЭМ-расцепителя» [19].

В работе выбирается автомат ввода ЩРО с расчётным током, равным рабочему току 5,7 А и максимальному току с учётом подключения второй секции сборных шин (после реконструкции схемы), равному 7,98 А.

Предварительно в качестве вводного автомата для питания ЩРО от ВРУ (ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, выбирается автомат марки ВА47-29-3С10-УХЛЗ с $I_{ном.а} = 10$ А с регулируемым электромагнитным расцепителем, ток уставки которого зависит от тока уставки теплового расцепителя [14] и проводится его проверка.

Условия выбора и проверок вводного автомата для питания ЩРО от ВРУ (ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выполняются»

$$I_{ном.а} = 10 А \geq I_p = 5,7 А.$$

$$I_{ном.а} = 10 А \geq I_{p.макс.} = 7,98 А.$$

$$I_{y.m.p} = 10 А \geq 1,1 \cdot 7,98 = 8,78 А.$$

$$I_{y.э.p} = 100 \cdot 40 = 4000 А \geq 3370 А.$$

Проверка электромагнитного расцепителя автомата для питания ЩРО от ВРУ (ГРЩ) турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС проводится по току КЗ в расчётной точке К2 [3].

Аналогично выбраны автоматы распределительной сети объекта.

«Выбор остальных автоматических выключателей для защиты и коммутации распределительной сети 0,38/0,22 кВ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС осуществлён аналогично (таблица 6)» [19].

Таблица 6 – Результаты выбора автоматов для защиты распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС

Помещение	I_p , А	$I_{p.макс}$, А	Марка автомата	$I_{ном.а}$, А	$I_{у.т.р}$, А	$I_{у.э.р}$, А
Машинный зал	1,96	2,74	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Пост охраны	0,12	0,17	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Вестибюль	0,25	0,35	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Фильтрационная	0,25	0,35	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Санузел	0,05	0,07	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Дымососное отделение	0,26	0,37	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Котельное отделение	0,26	0,37	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Деаэрационное отделение	0,15	0,21	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Отделение пересыпки	0,15	0,21	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Электрофильтрационная	0,17	0,24	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Насосная собственных нужд	0,12	0,17	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Комната персонала	0,12	0,17	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Диспетчерская	0,15	0,21	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Кабинет начальника и инженерного персонала	0,15	0,21	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Подсветка турбины	0,12	0,17	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Подсветка панели управления	0,09	0,13	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Подсветка шкафа управления	0,09	0,13	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Подсветка фильтров	0,05	0,07	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Подсветка главного входа	0,12	0,17	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9
Подсветка аварийного выхода	0,12	0,17	ВА47-29-2С6-УХЛ3	6,3	6,3	18,9

Также для защиты и коммутации ЩАО в работе выбран автомат марки ВА47-29-2С6-УХЛ3 с $I_{ном.а} = 6,3$ А, $I_{у.т.р} = 6,3$ А, $I_{у.э.р} = 6,3$ А.

Все выбранные автоматы питающей и распределительной сети напряжением 0,38/0,22 кВ реконструируемого турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС удовлетворяют условиям выбора и проверок.

Поэтому они могут быть применены для установки в соответствующем месте установки в системе освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Все выбранные аппараты показаны в графической части работы на схеме электроснабжения осветительных потребителей турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС после проведения реконструкции (графический лист 3).

2.6 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии

Выбор системы учёта и контроля электроэнергии является очень важной составляющей любой реконструкции электроустановок, так как обеспечивает непосредственный контроль и учёт электроэнергии, лимиты её потребления, контроль параметров потребляемой продукции (электроэнергии), а также ограничение или полное искоренение краж электроэнергии [16].

На питающей ТП-10/0,4 кВ собственных нужд системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС учёт и контроль параметров электроэнергии необходимо осуществлять с помощью программно-технических комплексов, которые в последние годы полностью вытеснили устаревшие индукционные и электромагнитные системы, обладая значительными преимуществами перед ними, состоящие и выражающиеся в простоте, надёжности, компактности, работоспособности и т.д.

Именно поэтому принимается к внедрению в проектируемой системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС «автоматизированная система контроля и управления электроэнергией (далее – АСКУЭ)» [20], выполненная на базе современного

электронного счётчика электроэнергии марки Меркурий-234 ARTM класса точности 0,5s/1,0, который используется в работе и выбран для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ в шкафу учёта, что является современным инновационным решением согласно [20].

«В данной структуре можно выделить четыре уровня (рисунок 6)» [5]:

– «первый уровень – первичные измерительные приборы (ПИП) с цифровыми выходами, осуществляющие непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров учета электропотребления потребителей (потребление электроэнергии) по точкам учета (фидер, линия и прочие)» [5];

– «второй уровень – устройства сбора и передачи данных (УСПД), специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи со встроенным программным обеспечением энергоучета, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхние уровни» [5];

– «третий уровень – персональный компьютер (ПК) или сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с УСПД (или группы УСПД), итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам - по подразделениям и объектам предприятия, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений (управления) оперативным персоналом службы главного энергетика и руководством предприятия» [5];

– «четвертый уровень – сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с ПК и/или группы серверов центров сбора и обработки данных третьего уровня, дополнительное агрегирование и структурирование информации по группам объектов учета, документирование и отображение

данных учета в виде, удобном для анализа и принятия решений персоналом службы главного энергетика и руководством территориально распределенных средних и крупных предприятий или энергосистем, ведение договоров на поставку энергоресурсов и формирование платежных документов для расчетов за энергоресурсы» [5].

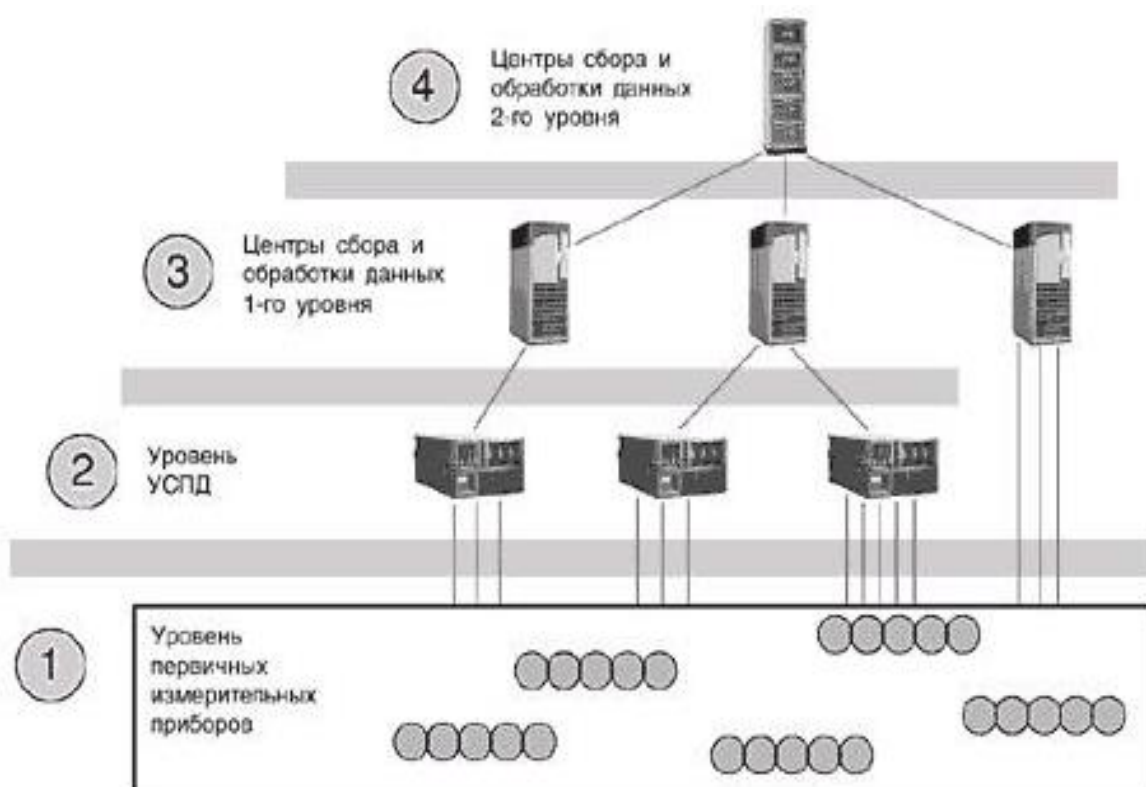


Рисунок 6 – Структурная схема АСКУЭ для использования на объекте

Питание АСКУЭ осуществляют трансформаторы тока, через которые в сеть и на выходы АСКУЭ поступает нормированный допустимый рабочий ток системы.

Связь между электронным счётчиком и управляющей компанией (связь «компания – потребитель») осуществляется по мобильному каналу связи либо через интернет-канал.

Во многих случаях используются оба эти источника связи, что позволяет создать условия резервирования.

Кроме того, при мобильной (сотовой) передаче данных, во избежание сбоев, крайне рекомендуется использовать сеть нескольких мобильных операторов. Сигнал со счётчиков потребителя через каналы связи передаются в центр сбора и обработки данных энергоснабжающей компании, где сигнал принимается, обрабатывается и заносится в соответствующую электронную ячейку на сервере.

Далее идёт сравнение полученных данных с предыдущими показаниями, а также их непосредственный контроль и обработка. Эту процедуру в системе АСКУЭ выполняет информационно – вычислительный комплекс.

В конечном итоге, после приёма, обработки и систематизации информации со счётчиков АСКУЭ, она добавляется в специальную ячейку или записывается в виде файла для долгосрочного хранения и дальнейшего использования. Принятая в работе система АСКУЭ для применения в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС характеризуется надёжностью, экономичностью, точностью, экологичностью и безопасностью, а также удобством эксплуатации [20]. Выбранная и описанная схема учёта и контроля электроэнергии для непосредственного её применения в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в работе представлена на графическом листе 6.

Выводы по разделу 2.

В результате выполнения раздела, исходя из результатов анализа исходных технических данных, источников питания, потребителей и технологического процесса, в работе обоснованы и внедрены следующие практические мероприятия по реконструкции системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, в результате чего приняты и проверены следующие технические решения:

– исходя из исходных технических данных, в работе предложена и обоснована схема электрических соединений системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, в которой

предложено и обосновано внедрение второго ввода для питания ЩРО от ГРЩ, в результате чего в схеме повысилась надёжность, практичность, экономичность и условия для безопасного проведения работ;

– вместо устаревших галогенных и люминисцентных источников света, на объекте в результате проведения расчёта выбраны современные типы светильников PHILIPS MASSIVE Hearst White со светодиодными лампами типа Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком $\Phi_{ст} = 1150$ лм». Все расчёты по выбору источников освещения подтверждены в программе DIALux;

– осуществлён выбор и проверка современных типов проводников, в результате чего выбраны для питающей сети системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС (ЩРО и ЩАО) выбраны кабели, не поддерживающие горения, пятижильные марки ВВГнг-LS 5×2,5, а для распределительной сети 0,38/0,22 кВ (МЩО) – трёхжильные силовые кабели марки ВВГнг-LS 3×1,5;

– осуществлён выбор и проверка современных типов электрических аппаратов, в результате чего для защиты и коммутации питающей сети системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выбраны современные автоматы марки ВА47-29-2С10-УХЛЗ (автоматы ввода ЩРО) и ВА47-29-2С6-УХЛЗ (автомат ввода ЩАО), а для защиты и коммутации распределительной сети 0,38/0,22 кВ (МЩО) – вводные автоматы марки ВА47-29-2С6-УХЛЗ;

– выбрана и описана современная система учёта и контроля электроэнергии для непосредственного её применения в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Выбор и проверка всего оборудования реконструированной системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в работе проведены на основании результатов расчёта электрических нагрузок и токов короткого замыкания.

3 Разработка мероприятий по технике безопасности и охране труда

3.1 Мероприятия по охране труда

Далее в работе необходимо провести анализ мероприятий по охране труда при выполнении работ на объекте реконструкции, на основе которых разработать и охарактеризовать мероприятия по безопасному проведению работ в электроустановках системы освещения и электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Кроме того, необходимо кратко провести описание мероприятий по пожарной безопасности на объекте исследования.

«Основными мероприятиями по защите персонала от поражения электрическим током при монтаже, обслуживании и ремонте систем освещения всех типов, являются» [4]:

– «правильный выбор проводов, кабелей и установочных изделий по климатическому исполнению и степени защиты от воздействия окружающей среды и от поражения электрическим током» [4];

– «систематический инструктаж персонала и проверка знаний персонала по правилам электробезопасности при проведении различных работ» [4].

«При эксплуатации электрооборудования систем освещения, необходимо неуклонно придерживаться требований электробезопасности, которые, в общем, состоят в выполнении следующих мероприятий» [4]:

- «постоянно следить за надежностью заземления осветительных установок, шкафов, пультов и ящиков управления, а также клеммных коробок, труб, металлических конструкций, которые в аварийных ситуациях могут оказаться под напряжением» [4];

- «двери и крышки шкафов управления системы освещения, пультов, ящиков управления и клеммных коробок должны быть постоянно закрыты и заперты с помощью предусмотренных для этой цели механизмов» [4];

- «обслуживание и эксплуатацию следует производить в соответствии с

действующими нормами» [2];

- «персонал обязан иметь, знать и выполнять должностные инструкции по безопасным методам работы, а также пройти соответствующую подготовку и иметь допуск к работе с данным оборудованием» [4];

- «после окончания работы оборудования необходимо повернуть ключ в положение «Откл» и вытащить ключ из замка» [4];

- «необходимо применение при эксплуатации и текущем ремонте оборудования осветительной арматуры и ручных машин напряжение 36 В и ниже» [4];

- «необходимо выполнить заземление элементов электроустановки и установка предупредительных надписей» [4];

- «запрещается обслуживание и ремонт системы освещения с применением не поверенных или просроченных инструментов и такелажных приспособлений, а также прочих приспособлений, не приспособленных для данных целей» [4];

- «запрещается ремонт и обслуживание системы освещения, находящейся под напряжением или с частичным его снятием без обеспечения видимого разрыва в цепи системы освещения» [4];

- «запрещается пользоваться при проверке напряжения контрольными лампами» [4].

«Наиболее универсальным и одним из действенных мероприятий, улучшающим технику безопасности обслуживающего персонала, является автоматизация процессов в системе освещения» [4].

При работе в системе освещения также необходимо пользоваться общими правилами по технике безопасности при работе в электроустановках. Основные из них приведены ниже.

Известно, что перед началом любых работ в электроустановках персонал обязан пройти инструктаж на рабочем месте, в котором указываются как его обязанности, так и обязанности других членов бригады, а также характер и расположение опасностей.

Далее старший (руководитель работ) даёт команду на подготовку рабочего места. Рабочее место подготавливают, как правило, опытные работники с соответствующими группами по электробезопасности (в электроустановках до 1 кВ – не ниже третьей, а в электроустановках выше 1 кВ – не ниже четвёртой группы).

После этого проводятся оперативные переключения и отключения, которые согласовываются с диспетчером сетей.

Затем указателями напряжения соответствующих классов проверяют отсутствие напряжения на токоведущих частях оборудования, где будут проводиться работы.

После этого накладывается переносное заземление на токоведущие части либо включаются заземляющие ножи оборудования (если таковые предусмотрены конструкцией).

Затем ограждается рабочее место и вывешиваются плакаты по технике безопасности.

Только после всех перечисленных мероприятий бригада может приступить к выполнению работ.

В процессе выполнения работ при необходимости можно организовать перерыв, для чего бригада полностью выводится с места работ, а двери электроустановок закрываются на ключ.

Допуск посторонних лиц на объект работ при этом категорически запрещён.

Пожарная безопасность объекта исследования в работе обеспечивается применением и использованием следующих мероприятий:

- применением негорючих материалов в электроустановках и негорючих конструкций оборудования, зданий и сооружений;
- наличием средств пожаротушения на объекте (пожарный щит, огнетушители, гидранты и т.п.);
- профилактическими проверками и инспекциями, выявляющих общее состояние пожарной безопасности оборудования;

– работой пожарной дружины на объекте, а также постоянным источником связи с пожарной инспекцией.

С точки зрения пожаробезопасности, наибольшую опасность представляет на объекте силовой трансформатор и прочее маслonaполненное оборудование, в котором существует высокая вероятность пожара и взрыва.

Поэтому данные объекты необходимо контролировать самым тщательным образом как во время обходов (плановых и неплановых), так и во время проверок.

Как показывают статистические исследования [19], также для обеспечения пожарной безопасности очень важное значение играет поддержание территории объекта в чистоте.

Для этого необходимо скашивать сухую траву, утилизировать ветошь, поддерживать чистоту на объекте.

Указанные мероприятия позволят не допустить самовозгорание на объекте в сухую жаркую погоду, а также не допустить распространение пожара на объекте и быстро его локализовать.

Внедрение указанных мероприятий обязательно к выполнению.

3.2 Мероприятия по охране окружающей среды

При выполнении работ в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, необходимо строго соблюдать мероприятия по нормам экологической безопасности.

Среди опасностей также следует упомянуть и экологическую опасность, актуальность которой всё больше приобретает смысл в последние годы.

Загрязнение окружающей среды в свете изменения климата стало злободневной темой.

На объекте наибольшую опасность с экологической точки зрения представляют следующие возможные факторы:

- утечка масла из питающих трансформаторов ТП-10/0,4 кВ в грунт, а также утечка масла из маслonaполненного оборудования;
- загрязнение септиками и химикатами окружающей среды;
- загрязнение и запылённость воздуха;
- опасность для флоры и фауны;
- влияние шумов на живые организмы;
- влияние высоких напряжений на биосферу.

Экологический риск от перечисленных факторов должен быть сведён к минимуму путём внедрения качественных мероприятий, к которым относятся такие мероприятия, как-то:

- проведения организационных мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности;
- техническое обеспечение экологической безопасности;
- профилактические меры по обеспечению экологической безопасности;
- законодательное обеспечение экологической безопасности.

Все указанные мероприятия обязательны к применению и внедрению в систему электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Выводы по разделу 3.

В результате выполнения данного раздела работы, осуществлена разработка мероприятий по технике безопасности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ на электрооборудовании и в электрических сетях системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Кроме того, также рассмотрены общие вопросы и нормы по технике безопасности и охране труда при проведении работ в сетях всего объекта.

Путём проведения анализа, в работе установлены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на безопасность проведения работ, а также на факторы пожарной и экологической безопасности.

Особое внимание уделено обязанностям обслуживающего персонала системы электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, обеспечивающие электробезопасность и сводящие травматизм к минимальным показателям.

На основании проведённого краткого анализа, разработан краткий комплекс мероприятий, позволяющих качественно повысить критерии безопасности жизнедеятельности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ в электроустановках и сетях системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Указанные мероприятия по технике безопасности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ на электрооборудовании и в электрических сетях объекта исследования, должны быть приняты и внедрены в реконструированную систему освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в обязательном порядке, так как от их внедрения зависит жизнь и здоровье людей, а также непосредственная охрана окружающей среды.

Заключение

В результате выполнения работы разработан проект реконструкции системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС при соблюдении заданных требований к надежности схемы электроснабжения и качеству электроэнергии, передаваемой потребителям.

Для реализации основной цели работы, в работе осуществлено последовательное решение следующих основных поставленных задач:

- рассмотрены и систематизированы по виду производственной деятельности все помещения данного турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС;

- детально рассмотрена общая система электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, а также система освещения объекта реконструкции, с детальным рассмотрением основных технических, экономических и организационных характеристик;

- исходя из исходных технических данных, в работе предложена и обоснована схема электрических соединений системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС, в которой предложено и обосновано внедрение второго ввода для питания ЩРО от ГРЩ, в результате чего в схеме повысилась надёжность, практичность, экономичность и условия для безопасного проведения работ;

- вместо устаревших галогенных и люминисцентных источников света, на объекте в результате проведения светотехнического расчёта были выбраны современные типы светильников PHILIPS MASSIVE Hearst White со светодиодными лампами типа Philips Ecohome LED Bulb 11W E27 3000K 1PF/20RCA со стандартным световым потоком $\Phi_{ст} = 1150$ лм». Расчёты и выбор источников освещения и их расположения также подтверждены в программе DIALux;

- осуществлён выбор и проверка современных типов проводников, в результате чего выбраны для питающей сети системы освещения турбинного

отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС (ЩРО и ЩАО) выбраны кабели, не поддерживающие горения, пятижильные марки ВВГнг-LS 5×2,5, а для распределительной сети 0,38/0,22 кВ (МЩО) – трёхжильные силовые кабели марки ВВГнг-LS 3×1,5;

– осуществлён выбор и проверка современных типов электрических аппаратов, в результате чего для защиты и коммутации питающей сети системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС выбраны современные автоматы марки ВА47-29-2С10-УХЛ3 (автоматы ввода ЩРО) и ВА47-29-2С6-УХЛ3 (автомат ввода ЩАО), а для защиты и коммутации распределительной сети 0,38/0,22 кВ (МЩО) – вводные автоматы марки ВА47-29-2С6-УХЛ3;

– выбрана и описана современная система учёта и контроля электроэнергии для непосредственного её применения в системе электроснабжения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС;

– путём проведения анализа, в работе установлены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на безопасность проведения работ, а также на факторы пожарной и экологической безопасности;

– на основании проведённого анализа, разработан комплекс мероприятий, позволяющих качественно повысить критерии безопасности жизнедеятельности, а также пожарной и экологической безопасности при выполнении работ в электроустановках и сетях системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС.

Реконструированная система освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС отличается надёжностью, электробезопасностью, минимумом затрат на обслуживание и ремонт, что позволяет свести межремонтный и эксплуатационный период до минимума, а также повысить показатели энергоэффективности объекта реконструкции, его потребителей и всей системы освещения турбинного отделения первого энергетического блока Берёзовской ГРЭС в целом.

Список используемых источников

1. Анчарова Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. – М.: Форум, НИЦ ИНФРА. 2016. 416 с.
2. Баранов Л.А. Светотехника и электротехнология / Л. А. Баранов, В. А. Захаров -М.: Колос, 2018. 343с.
3. Виноградова А. В. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интернет Инжиниринг, 2017. 672 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартиформ, 2018. 28 с.
5. Кудрин Б. И. Электроснабжение. – М.: Academia, 2018. 352 с.
6. Курдюмов В.И., Зотов Б.И. Реконструкция и расчет средств обеспечения безопасности. – М.: Колос, 2018. 184 с.
7. Курдюмов В.И., Зотов, Б.И. Энергетика и экология / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. М.: Колос, 2019. 247 с.
8. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ-016-2001). – М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2016. 208 с.
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 2019. 382 с.
10. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник. Учеб. пособ. – ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. 282 с.
11. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 2017. 174 с.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2017. 256 с.

13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / под общ. ред. В.В. Дрозд. - 7-е изд-е. - М.: Альвис, 2018. 252 с.
14. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 464 с.
15. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 328 с.
16. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777).
17. Справочник по реконструкции электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2018.
18. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие/А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. - Ст. Оскол: ТНТ, 2017. 524 с.
19. Шеховцов В. П. Расчет и реконструкция схем электроснабжения. – М.: Форум, 2018. 142 с.
20. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: Форум, Инфра. 2017. 136 с.